

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки/профиль 18.06.01 – «Химическая технология» / 05.17.08 – «Процессы и аппараты химических производств»

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Отделение Химической инженерии

**Научный доклад об основных результатах подготовленной
научно-квалификационной работы**

Тема научного доклада	
Повышение эффективности работы промышленного лифт-реактора каталитического крекинга вакуумного газойля с увеличением выхода светлых нефтепродуктов	
УДК 665.644.2-403.025.012	

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
A4-52	Назарова Галина Юрьевна		

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОХИ ИШПР	Белинская Наталия Сергеевна	к.т.н.		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОХИ ИШПР	Кроткова Елена Ивановна	д.х.н., профессор		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОХИ ИШПР	Ивашкина Елена Николаевна	д.т.н., профессор		

Общая характеристика работы

Актуальность работы

Актуальной проблемой сегодня, на решение которой направлены усилия научного сообщества, включающие разработку, проектирование и оптимизацию работы промышленных аппаратов и катализаторов переработки тяжелых нефтяных фракций, является низкий выход светлых нефтепродуктов, в том числе бензина с высокими октановыми характеристиками, и легких олефинов при сохранении ресурса катализатора.

Вместе с тем, повышение эффективности и поддержание оптимальных режимов эксплуатации действующих и вновь введенных промышленных установок каталитического крекинга осложняется в условиях изменения состава перерабатываемого сырья, взаимного влияния промышленных аппаратов при изменении активности катализаторов под действием кокса и тяжелых металлов, а также значительного градиента температуры по высоте реакционного аппарата, оказывающего влияние на направление реакций процесса.

Эффективным способом для увеличения выхода светлых нефтепродуктов на мировом уровне является прогнозирование показателей работы промышленных установок и оптимизация с применением математических моделей. При этом требуется комплексный подход, основанный на учете термодинамических и кинетических закономерностей превращений высокомолекулярных углеводородов, технологических и гидродинамических особенностей промышленных аппаратов реакторно-регенераторного блока, характеристик перерабатываемого сырья и механизма превращений высокомолекулярных углеводородов на кислотных катализаторах крекинга, а также их эксплуатационных характеристик и степени дезактивации. Поэтому работа в области создания математической модели процесса каталитического крекинга для увеличения выхода светлых фракций и газов с учетом состава перерабатываемого сырья, технологических особенностей оборудования и дезактивации катализаторов является актуальной.

Объект исследования: промышленные процессы и аппараты технологии глубокой переработки нефтяного сырья – каталитического крекинга вакуумного газойля.

Предмет исследования: термодинамические и кинетические закономерности реакций процесса каталитического крекинга высокомолекулярных углеводородов $C_{14}-C_{40+}$ в лифт-реакторе с восходящим потоком микросферического цеолитсодержащего катализатора.

Цель научно-квалификационной работы

Повышение эффективности процесса каталитического крекинга высокомолекулярных углеводородов $C_{14}-C_{40+}$ в лифт-реакторе с восходящим потоком микросферического цеолитсодержащего катализатора на основе комплексного расчетно-экспериментального подхода, учитывающего термодинамические и кинетические закономерности реакций и дезактивацию катализатора крекинга.

Для достижения поставленной цели последовательно были решены следующие задачи:

1. Исследование процесса и установление состава и физико-химических характеристик сырья и продуктов каталитического крекинга, а также эксплуатационных свойств катализаторов и их изменения в цикле «эксплуатация–регенерация» с применением экспериментальных методов анализа.

2. Установление термодинамических закономерностей реакций процесса каталитического крекинга, а также оценка возникновения термодинамической необратимости реакций в цепочке химических превращений с учетом результатов физико-химических исследований состава и свойств сырья и продуктов.

3. Разработка и решение системы дифференциальных уравнений материального и теплового балансов процесса каталитического крекинга, включая разработку кинетических уравнений, описывающих превращения высокомолекулярных углеводородов $C_{14}-C_{40+}$ на кислотных катализаторах крекинга, обоснование выбора гидродинамической модели ректора.

4. Установление закономерностей изменения активности катализатора крекинга в лифт-реакторе с восходящим потоком в зависимости от природы и концентрации дезактивирующих веществ (кокс и тяжелые металлы).

5. Установление кинетических закономерностей реакций процесса каталитического крекинга с участием высокомолекулярных нефтяных фракций $C_{14}-C_{40+}$ и закономерностей изменения термодинамической необратимости реакций в лифт-реакторе с учетом дезактивации катализатора коксом и тяжелыми металлами.

6. Прогнозирование показателей процесса при изменении состава сырья, активности катализатора после стадии регенерации и технологического режима работы реакционного аппарата на выход и качество продуктов каталитического крекинга и степень дезактивации катализатора коксом и тяжелыми металлами.

7. Разработка технических решений, направленных на увеличение выхода светлых фракций в процессе каталитического крекинга углеводородов $C_{14}-C_{40+}$ с учетом состава перерабатываемого сырья и активности катализаторов крекинга на основе математического моделирования работы лифт-реактора каталитического крекинга.

Содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследований, отражена научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

В первой главе отражено современное состояние и перспективы развития процессов каталитического крекинга нефтяного сырья с получением моторного топлива, включая результаты научно-технических достижений в области разработки и модернизации технологий и катализаторов, проблемы увеличения выхода светлых нефтепродуктов,

обратимой и необратимой дезактивации цеолитсодержащих катализаторов. Показаны подходы и сложности моделирования и оптимизации процессов глубокой переработки нефтяного сырья, выявлены актуальные нерешенные задачи в области моделирования и оптимизации процесса каталитического крекинга.

Вторая глава посвящена характеристике объекта, методологической основе и методам диссертационного исследования. Представлены результаты физико-химических исследований по определению показателей качества сырья, продуктов и катализаторов процесса крекинга. Показано взаимное влияние режимов работы реактора и регенератора в технологии каталитического крекинга, и необходимость непрерывной корректировки технологического режима работы лифт-реактора в зависимости от состава перерабатываемого сырья, температуры и активности катализатора после стадии регенерации с учетом его дезактивации коксом и тяжелыми металлами и изменения термодинамической необратимости реакций.

Третья глава посвящена разработке математической модели процесса каталитического крекинга учитывающей состав перерабатываемого сырья, изменение обратимости реакций процесса каталитического крекинга и дезактивацию катализаторов крекинга коксом и тяжелыми металлами. Обоснованы уровень формализации механизма химических превращений и выбор гидродинамической модели реактора идеального вытеснения. Установлены кинетические закономерности реакций процесса каталитического крекинга с участием высокомолекулярных нефтяных фракций C_{14} - C_{40+} , закономерности дезактивации катализатора коксом и тяжелыми металлами, а также закономерности изменения термодинамической необратимости реакций в лифт-реакторе с восходящим потоком микросферического цеолитсодержащего катализатора.

В четвертой главе представлены результаты прогнозных расчетов с применением математической модели по влиянию состава перерабатываемого сырья, активности катализатора и технологического режима работы реактора на показатели процесса крекинга и разработаны технические рекомендации для увеличения выхода бензиновой фракции и газов в зависимости от состава сырья и активности катализатора.

В заключении представлены основные результаты исследования и изложены рекомендации по повышению эффективности работы промышленного лифт-реактора каталитического крекинга вакуумного газойля с увеличением выхода светлых нефтепродуктов и газов.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МД-4620.2018.8, стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов, осуществляющих перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики СП-946.2016.1 (2016-2018 г.).